

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001223105
PUBLICATION DATE : 17-08-01

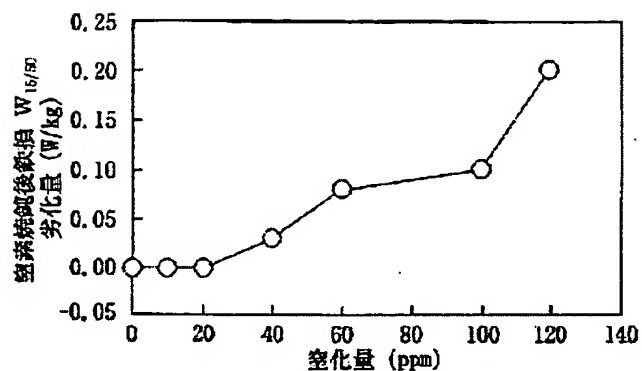
APPLICATION DATE : 07-02-00
APPLICATION NUMBER : 2000029233

APPLICANT : KAWASAKI STEEL CORP;

INVENTOR : FUJITA AKIO;

INT.CL. : H01F 1/18 C22C 38/00 C22C 38/60
H01F 1/16

TITLE : ELECTROMAGNETIC STEEL SHEET
WITH INSULATING COATING FILM
HAVING EXCELLENT
CHARACTERISTIC



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a magnetic characteristic effectively by preventing nitriding during annealing in a nitrogen atmosphere and provide an electromagnetic steel sheet further having an improved weldability.

SOLUTION: In an electromagnetic steel sheet that contains Al and/or Si as essential elements and has an insulating coating film on its surface, one or more kinds of nitriding suppressing components selected from Se, Te, As, Sb, P, Bi, Sn and B in a range from 0.005 to 0.5 mass % are contained in the whole steel sheet including the insulating coating film.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-223105

(P2001-223105A)

(43) 公開日 平成13年8月17日 (2001.8.17)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	デ-マト* (参考)
H 0 1 F 1/18		H 0 1 F 1/18	5 E 0 4 1
C 2 2 C 38/00	3 0 3	C 2 2 C 38/00	3 0 3 U
		38/60	
H 0 1 F 1/16		H 0 1 F 1/16	A

審査請求 未請求 請求項の数3 ○L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-29233(P2000-29233)

(22) 出願日 平成12年2月7日 (2000.2.7)

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72) 発明者 小森 ゆか

岡山県倉敷市水島川崎通1丁目 (番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(72) 発明者 本田 厚人

岡山県倉敷市水島川崎通1丁目 (番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外2名)

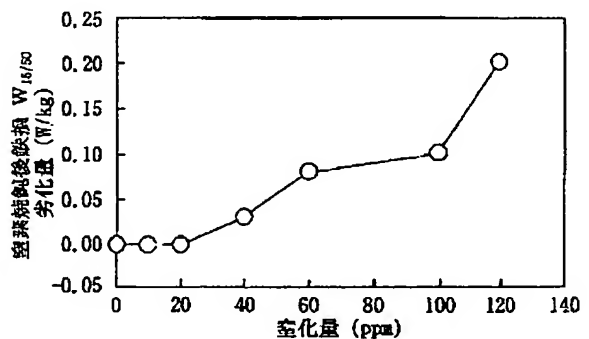
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気特性に優れる絶縁被膜付き電磁鋼板

(57) 【要約】

【課題】 窒素雰囲気中での焼鈍時における窒化を抑制して磁気特性を効果的に向上させ、またさらには溶接性も併せて向上させた電磁鋼板を提供する。

【解決手段】 Alおよび/またはSiを必須元素として含有し、表面に絶縁被膜をそなえる電磁鋼板において、絶縁被膜を含む鋼板全体中に、Se、Te、As、Sb、P、Bi、SnおよびBのうちから選んだ1種または2種以上の窒化抑制成分を 0.005~0.5 mass%の範囲で含有させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Alおよび/またはSiを必須元素として含有し、表面に絶縁被膜をそなえる電磁鋼板であって、絶縁被膜を含む鋼板全体中に、Se, Te, As, Sb, P, Bi, SnおよびBのうちから選んだ1種または2種以上を0.005~0.5 mass%の範囲で含有することを特徴とする磁気特性に優れた絶縁被膜付き電磁鋼板。

$$\text{Al}(\%) + 0.1 \times \text{Si}(\%) - 10 \times \text{S}(\%) - \text{C}(\%) > 0 \quad \text{--- (1)}$$

の関係を満足することを特徴とする磁気特性に優れた絶縁被膜付き電磁鋼板。

【請求項3】 請求項1または2において、絶縁被膜の目付量が0.05~7 g/m²であることを特徴とする磁気特性に優れた絶縁被膜付き電磁鋼板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気特性に優れた絶縁被膜付き電磁鋼板であって、特に焼鈍後の磁気特性の劣化を効果的に防止し、さらには溶接性の有利な向上を図ろうとするものである。

【0002】

【従来の技術】電磁鋼板は、比抵抗をアップさせて所望の磁気特性を得るために、比抵抗の高い元素を含有させる。比抵抗の高い元素としては、Siが最も代表的であるが、最近では、その他の特性との関係上、Si以外のAl, Mn, Cr等の比抵抗元素も利用されている。

【0003】また、電磁鋼板は、打ち抜き加工時の歪みを除去して磁気特性を向上させるために、焼鈍とくに窒素含有雰囲気下で焼鈍を行う場合が多い。特にセミプロセス材は焼鈍が必須となるが、フルプロセス材でも焼鈍が行われる場合が多い。しかしながら、鋼中成分として、窒化物を生成し易いSiやAl等を含有している場合には、窒素雰囲気下で焼鈍を行うと窒化する場合があります。このような窒化が生じると窒化なしの場合に比較して磁気特性が劣化するという問題がある。すなわち、セミプロセス電磁鋼板では所望の磁気特性が得られず、またフルプロセス電磁鋼板でも十分な磁気特性の回復が困難になる問題が発生する。

【0004】このような窒化傾向にある鋼板の窒化防止方法として、鋼中に窒化を抑制する元素を含有させる方法、鋼板表面に窒化を抑制する元素を付着させる方法等が知られている。例えば、鋼中に窒化を抑制する元素を含有させる方法としては、特公昭51-36692号公報では、窒素ガスを含む雰囲気中でタイトコイルとして焼鈍され、この過程で浸窒傾向を呈する鋼板の製造に際し、製鉄または製鋼・造塊の過程において、0.002~0.20%のTe, Se, Bi, Sbまたは0.01~0.20%のPbおよびSnのいずれか1種または2種以上を添加することからなる鋼板の焼鈍過程における浸窒防止法が提案されている。また、表面に窒化を抑制する元素を付着させる方法としては、特開昭48-72011号公報に、窒素-水素を主成分と

【請求項2】 Alおよび/またはSiを必須元素として含有し、表面に絶縁被膜をそなえる電磁鋼板であって、絶縁被膜を含む鋼板全体中に、Se, Te, As, Sb, P, Bi, SnおよびBのうちから選んだ1種または2種以上を0.005~0.5 mass%の範囲で含有し、かつ同じく絶縁被膜を含む鋼板全体において、Al, Si, SおよびC量が、質量%表示で、次式(1)

する還元性雰囲気ガス中で鉄鋼材料を加熱するに当たり、予め該材料にSe, Te, As, Sb, P, S, Bi, Sn, B元素を1種または2種以上含有する化合物の水溶液または水性分散液を塗布し、乾燥後、加熱することからなる鉄鋼材料の窒素吸収防止加熱方法が開示されている。

【0005】一方、電磁鋼板は、本来の磁気特性が優れていることは勿論のこと、モータ、トランス等の製品製造過程で種々の作業性が要求される。このような製品製造過程で必要な機能としては、例えば打抜性、TIG溶接性、被膜密着性および耐食性等が挙げられる。打抜性向上のためには、絶縁被膜への樹脂成分の含有が効果的であることは公知の事実であるが、樹脂の含有はTIG溶接時にブローホールの原因となるため、打抜性とTIG溶接性の両立が問題であった。この問題の解決策として、特開平9-291368号公報には、絶縁被膜中にAlを含有させることによりTIG溶接性と打抜性を両立させる方法が開示されている。この方法によれば、確かにTIG溶接性と打抜性を両立することが多くの場合に可能である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】発明者らは、磁気特性、溶接性および打抜性等の特性改善を目的として、上記した従来技術の組み合わせについて検討したところ、次のような問題が発生した。

1) 窒化抑制効果を有する元素を鋼中に添加し、従来の絶縁被膜を被成した場合は、粗成長性が阻害されて磁気特性が劣化する場合がある。特に、鋼中Siは窒化を抑制する効果を呈するものの、粒成長性を阻害するため、磁気特性の著しい劣化を招く。

2) 磁気特性のみを優先して成分設計をした場合、鋼板中の成分によっては、TIG溶接性が劣る場合がある。特に、絶縁被膜だけでなく鋼板中のC量が高い場合にTIG溶接性の著しい劣化を招いた。

【0007】上述したとおり、従来の合金設計は、磁気特性優先で決定されていて、磁気特性とTIG溶接性の両者を考慮した成分設計がなされていなかったため、磁気特性と溶接性の両者とも優れた鋼板は見当たらず、その開発が望まれていた。本発明は、上記の現状に鑑みて開発されたもので、焼鈍時の窒化を抑制して磁気特性を効果的に向上させた電磁鋼板、またさらには溶接性も併せて向上させた電磁鋼板を提案することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】前述したとおり、SiやAlは、比抵抗元素であるため、磁気特性確保に有効な成分であるが、かようなSi、Al含有材をN₂含有雰囲気中で焼鈍すると、焼鈍後に磁気特性が低下する場合があった。そこで、発明者らは、このような磁気特性の低下原因について調査したところ、磁気特性が低下したものは、鋼中にSi₃N₄、AlN等の窒化物が析出していることが判明した。

【0009】そこで、さらに発明者らは、上記の問題を解決すべく鋭意検討を重ねた結果、SeやTe等の窒化抑制元素を利用するにしても、従来のように鋼板地鉄中にただ含有させたり、鋼板の表面に単に付着させるだけでは不十分で、かような窒化抑制元素の添加は、絶縁被膜を含む鋼板全体について考慮することが重要であり、上記したような窒化物の生成による磁気特性の劣化を効果的に防止するためには、絶縁被膜を含む鋼板全体において、Se、Te等の窒化抑制元素を適正量含有させることが重要であることを見出した。

【0010】また、TIG溶接性に及ぼす各種元素の影響を詳細に検討した結果、Al、Si、特にAlはTIG溶接性を著しく向上させること、一方S、CはTIG溶接性を著しく低下させることが判明した。

$$Al(\%) + 0.1 \times Si(\%) - 10 \times S(\%) - C(\%) > 0 \quad \text{--- (1)}$$

の関係を満足することを特徴とする磁気特性に優れた絶縁被膜付き電磁鋼板。

【0013】3、上記1または2において、絶縁被膜の目付量が0.05～7 g/m²であることを特徴とする磁気特性に優れた絶縁被膜付き電磁鋼板。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的に説明する。本発明で対象とする電磁鋼板においては、比抵抗を高めて所望の磁気特性を得るために、AlおよびSiの少なくともいずれか1種を含有させる必要がある。これらの成分比率は、所望する磁気特性に応じて適宜決定すればよいが、絶縁被膜を除いた地鉄中の成分組成は、以下程度とするのが好ましい。すなわち、Siは、鋼の比抵抗を高め鉄損を低下させる元素であり、要求される磁気特性に応じて添加すればよいが、含有量が0.05mass%未満では比抵抗向上効果に乏しく、一方4.5mass%超では硬度が増加して圧延が困難になるため、0.05～4.5 mass%程度とするのが好ましい。

【0015】Alは、Siと同様、鋼の比抵抗を高め鉄損を低下させる元素であり、必要に応じて含有させることができるが、含有量が多い場合には連続鋳造においてモールドとの潤滑性が低下して鋳造が困難となるため、2.5 mass%以下とするのが好ましく、一方添加量が0.005～0.1 mass%の範囲ではAlN等の微細析出物が生成して磁

$$Al(\%) + 0.1 \times Si(\%) - 10 \times S(\%) - C(\%) > 0 \quad \text{--- (1)}$$

の範囲を満足する場合に、優れたTIG溶接性が得られることが究明されたのである。

【0018】これらの元素を上掲(1)式を満足する範囲

を著しく低下させることが判明した。従って、TIG溶接性の向上を図るためには、これらの元素量の適正化を図る必要があるが、この場合の成分調整も絶縁被膜を含めた鋼板全体で評価することが重要であることが究明されたのである。本発明は、上記の知見に立脚するものである。

【0011】すなわち、本発明の要旨構成は次のとおりである。

1、Alおよび/またはSiを必須元素として含有し、表面に絶縁被膜をそなえる電磁鋼板であって、絶縁被膜を含む鋼板全体中に、Se、Te、As、Sb、P、Bi、SnおよびBのうちから選んだ1種または2種以上を0.005～0.5 mass%の範囲で含有することを特徴とする磁気特性に優れた絶縁被膜付き電磁鋼板。

【0012】2、Alおよび/またはSiを必須元素として含有し、表面に絶縁被膜をそなえる電磁鋼板であって、絶縁被膜を含む鋼板全体中に、Se、Te、As、Sb、P、Bi、SnおよびBのうちから選んだ1種または2種以上を0.005～0.5 mass%の範囲で含有し、かつ同じく絶縁被膜を含む鋼板全体において、Al、Si、SおよびC量が、質量%表示で、次式(1)

を満足することを特徴とする磁気特性に優れた絶縁被膜付き電磁鋼板。

【0016】さて、上記したAlおよび/またはSiを必須元素として含有する電磁鋼板において、歪み取り焼鈍時の鋼板の窒化を防ぐためには、絶縁被膜を含む鋼板全体中において、Se、Te、As、Sb、P、Bi、SnおよびBのうちから選んだ1種または2種以上の元素を0.005～0.5 mass%の範囲で含有させることが重要である。というのは、これらの成分の含有量が0.005mass%に満たないと窒化抑制能力が不足し、一方0.5mass%を超えて添加してもその効果は飽和し、むしろコスト高となるからである。特に好ましくは0.005～0.1 mass%の範囲である。

【0017】次に、TIG溶接などの端面溶接性を改善するための成分調整について説明する。さて、発明者らは、TIG溶接性に及ぼす各元素の影響を詳細に検討した結果、TIG溶接性には地鉄成分と絶縁被膜成分の両方が影響していることを突き止めた。そして、Alはこの溶接性を著しく向上する能力を有し、Siは、Alほどではないがやはり溶接性の向上効果を有することを突き止めた。一方、SやCは、TIG溶接性を低下させることも見出した。そこで、これらの元素がTIG溶接性に及ぼす影響を総合的に調査・検討した結果、これら4成分が、絶縁被膜と地鉄を含めた鋼板全体で、次式(1)

に調整することによって、TIG溶接性が改善される理由は明らかではないが、AlやSiは酸素固定効果があるため、CO₂源を減少させることができるか、またはガス技

けに有利な溶融池状態になり、一方Sはガス抜けに不利な溶融池状態になり、またCは直接、CO₂ その他の低分子有機ガス源となり、ブローホールの直接の原因になるためと考えられる。

【0019】ここに、地鉄中のSは、上記の問題の他、析出物、介在物を形成して粒成長性を阻害するため、極力低減することが望ましく、またSを固定するための成分(Ca, REM等)が絶対的に不足すると介在物中のMnSの割合が増え、やはり粒成長性に影響を及ぼすので、地鉄中のSは0.01mass%以下程度とすることが好ましい。

【0020】また、地鉄中のCも、上記の問題の他、時効劣化による磁気特性の低下が懸念されるので、地鉄中のCは0.01mass%以下程度とすることが好ましい。

【0021】以上、必須成分であるSi, Alおよび不可欠成分であるC, Sについて説明したが、その他の成分については、次のとおりである。その他の比抵抗調整成分として、Mn, Cr, P, Ni, Cu等が挙げられ、これらの元素も必要に応じて地鉄中に適宜含有させることができる。すなわち、Mnは、SiやAlほどではないが鋼の比抵抗を高め、鉄損を低下させる効果があるので、必要に応じて地鉄中に添加することができるが、0.1 mass%未満では熱間圧延性が低下し、一方2.5mass%を超えると冷間圧延性が低下するので、Mnは0.1~2.5 mass%程度で含有させることが好ましい。

【0022】Pも、SiやAlほどではないが、鋼の比抵抗を高めて鉄損を低下させる効果があり、また粒界偏析により冷延再結晶後の集合組織を改善して磁束密度を向上させる効果があるため、必要に応じて地鉄中に添加可能である。しかしながら、過度の粒界偏析は粒成長性を阻害し鉄損を劣化させるので、0.1 mass%以下程度とするのが好ましい。

【0023】その他、Ni, Cu, Cr等も比抵抗を高める元素であるため地鉄中に添加しても良いが、10mass%を超えると圧延性が低下するため、上記の各元素は合計で10 mass%以下程度とすることが好ましい。

【0024】次に、本発明鋼板の製造方法について説明する。スラブ製造条件、熱延条件および冷延条件とも、特に規定はないが、省エネルギーのためにスラブ加熱温度は1200℃以下とすることが好ましい。また、最終板厚も、特に規制するものではないが、磁気特性の観点から0.8 mm以下とすることが好ましい。

【0025】次に、本発明に用いる絶縁被膜について説明する。絶縁被膜としては、従来用いられている各種の被膜が適用可能である。例えばクロム酸塩系、リン酸塩系、樹脂/無機コロイド系、樹脂系などの、有機、無機および有機無機混合等、各種の被膜が適用可能であり、要は、絶縁被膜込みの元素量が前掲式(1)の範囲を満足していればどのようなものであってもよい。また、絶縁被膜の目付量については、0.05~7 g/m²とすることが好ましい。きいうのは、目付量が0.05 g/m²未満の場合は均

一塗布が困難となって被膜特性が不均一となり、一方7 g/m²超であると被膜密着性が低下傾向にあるためである。

【0026】さらに、絶縁被膜の形成方法については、工業均に一般に用いられる各種の方法が適用できる。すなわち、塗布は勿論のこと、浸漬反応型、電着塗装型、粉体塗装型および蒸着型等、各種の方法が適用可能である。また、塗布についても、ロールコーター法、エアナイフ法およびバーコーターなど種々の塗布方法が適用可能である。なお、絶縁被膜の性能を一層向上させるために、絶縁被膜中に防錆剤、ほう酸、その他の添加剤を添加することもできる。

【0027】

【実施例】以下、本発明の効果を実施例に基づいて具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。なお、磁気特性のレベルは比抵抗元素量によって大きく変化すること、窒化により磁気特性が低下することは公知の事実であるので、本実施例では、窒化量に着目して調査を行った。表1に示す成分組成になる鋼スラブを、1150℃に加熱後、熱間圧延により2.0mmの厚みとしたのち、圧下率：82.5%の冷間圧延を行って0.35mmの最終板厚に仕上げた。ついで、鋼板表面に、表2に示す絶縁被膜を所定量被覆して製品板とした。また、一部については、さらに窒素雰囲気中にて750℃、2時間の歪取り焼鈍を施した。なお、絶縁被膜は無機系でも良いのは言うまでもないが、この実施例では、特にTIG溶接性が問題になり易い半有機系を用いた。

【0028】かくして得られた焼鈍板の焼鈍前後による窒化量について調査した。また、製品板のTIG溶接性についても調査した。さらに、製品板および焼鈍板の被膜密着性についても調査した。得られた結果を整理して表3に示す。

【0029】なお、上記の各調査は次の要領で行った。
窒化量

図1に、歪取り焼鈍における窒化量と焼鈍前後における鉄損差との関係を例示する。同図に示したとおり、歪取り焼鈍における窒化量が20ppm以下では鉄損の劣化は皆無であり、一方120 ppmを超えると極めて大きくなる。そこで、歪取り焼鈍における窒化量については、次の基準で評価するものとした。

◎：窒化量20 ppm以下

○：窒化量20 ppm超、50 ppm以下

△：窒化量50 ppm超、120ppm以下

×：窒化量120ppm超

【0030】TIG溶接性

下記の条件で溶接を行い、ブローホールの生じない最大溶接速度で評価した。

・電極：Th-W 2.6mmφ

・加圧力：9.8 MPa

・電流：120 A
 ・シールドガス：Ar 6リットル/min
 ◎：800 mm/min以上
 ○：600 mm/min以上、800 mm/min未満
 △：400 mm/min以上～600 mm/min未満
 ×：400 mm/min未満

【0031】密着性

製品板および塗層中にて 750℃、2hの焼鈍板について

て、20mmφでの 180° 曲げ戻し試験を行い、その時の被膜剥離率で評価した。

◎：剥離なし

○：剥離20%以下

△：剥離20%超、剥離40%以下

×：剥離40%超

【0032】

【表1】

銅 記号	成 分 組 成 (mass%)					
	C	Si	Mn	Al	S	その他
A	0.002	2.5	0.2	0.3	0.001	—
B	0.002	2.5	0.2	0.3	0.001	Sb : 0.05
C	0.002	2.5	0.2	0.3	0.001	Sb : 0.5
D	0.002	0.3	0.3	0.3	0.001	—
E	0.003	0.3	0.3	0.001	0.001	Sn : 0.1

【0033】

【表2】

被膜の種類	被 膜 成 分 組 成
クロム酸系半有機 ①	重クロム酸マグネシウム：100 重量部 酢酸ビニル/アクリル樹脂：30 重量部 ホウ酸：20 重量部 エチレングリコール：30 重量部
クロム酸系半有機 ②	重クロム酸アルミニウム：100 重量部 アクリル/スチレン樹脂：40 重量部 エチレングリコール：30 重量部
クロム酸系半有機 ③	重クロム酸アルミニウム：100 重量部 アクリル/スチレン樹脂：5 重量部 エチレングリコール：30 重量部 五酸化アンチモン：30 重量部
リン酸系半有機	第1リン酸アルミニウム：100 重量部 アクリル/スチレン樹脂：30 重量部 ホウ酸：10 重量部
無機コロイド系半有機	アルミナ含有シリカゾル：100 重量部 エポキシ樹脂：100 重量部

【0034】

【表3】

No.	銅 記号	絶縁被膜を含む 銅板中の下記成分 (Al+0.1Si+0.5C) (mass%)	窒化抑制成分		被 膜 成 分	目付量 (g/m ²)	窒化量	TIG 溶接性	密 着 性		備 考
			元素	量 (mass%)					製品板	焼鈍板	
1	B	0.538	Sb	0.05	クロム酸系半有機 ①	0.05	◎	◎	◎	◎	適合例1
2	B	0.526	Sb	0.05	クロム酸系半有機 ①	0.8	◎	◎	◎	◎	" 2
3	A	0.532	Sb	0.006	クロム酸系半有機 ②	0.8	○	◎	◎	◎	" 3
4	E	0.037	Sb+Sn	0.14	クロム酸系半有機 ③	5.0	◎	◎	○	○	" 4
5	B	0.534	Sb	0.05	リン酸系半有機	0.5	◎	◎	◎	◎	" 5
6	C	0.525	Sn	0.10	無機コロイド系半有機	0.5	◎	◎	◎	◎	" 6
7	E	0.001	Sn	0.10	クロム酸系半有機 ②	2.3	◎	○	◎	◎	" 7
8	E	— 0.0165	Sn	0.10	クロム酸系半有機 ①	2.3	◎	△	◎	◎	" 8
9	D	0.311	—	—	クロム酸系半有機 ①	0.5	×	◎	◎	◎	比較例1

【0035】表3に示したとおり、絶縁被膜を含む鋼板全体において、適量の窒化抑制成分を含有させた場合には、窒素雰囲気での歪取り焼鈍後における窒化量を効果的に低減することができ、またAl、Si、SおよびC量を前掲(1)式の範囲に調整した場合には、好適な絶縁被膜目付量範囲において優れたTIG溶接性を得ることができた。

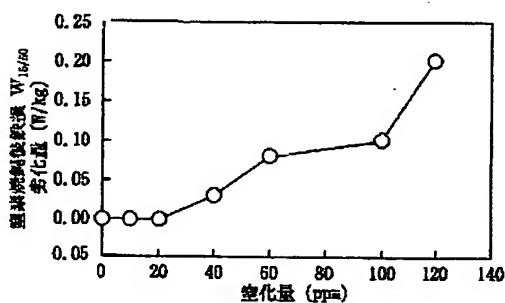
【0036】

【発明の効果】かくして、本発明によれば、窒素雰囲気での歪取り焼鈍における窒化を効果的に抑制して所望の磁気特性を得ることができ、またさらにはTIG溶接性も向上させることができるので、モーターやトランス等の用途をはじめとして広く利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 歪取り焼鈍における窒化量と焼鈍前後における鉄損差との関係を示したグラフである。

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 河野 正樹

岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(72)発明者 佐志 一道

岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(72)発明者 藤田 明男

岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

Fターム(参考) 5E041 AA02 AA11 AA19 BC01 BC05
CA02 CA04 NN01 NN05